



TITLE:

京都大学桂キャンパス極低音施設 で発生した事故と対策

AUTHOR(S):

西崎, 修司

CITATION:

西崎, 修司. 京都大学桂キャンパス極低音施設で発生した事故と対策. 京都大学工学研究技術部報告集 2015, 12: 49-51

ISSUE DATE:

2015-05

URL:

<https://doi.org/10.14989/198311>

RIGHT:

京都大学桂キャンパス極低温施設で発生した事故と対策

西崎修司

京都大学 大学院工学研究科 技術部

概要

平成 24 年に液体ヘリウムに不純物が混入し、実験装置の細管を詰まらせる事故が発生した。原因究明の為、ヘリウム液化機内の残存ガス成分分析を行った。その結果、水素成分等の不純物を検出した。その他、平成 25 年には、ガスバッグのワイヤー断裂事故や液体窒素供給装置重量計水没事故、容器充填口が噛み付き、トランスファーチューブを凹ませる事故等が発生した。発表では、これらの状況及び復旧作業について詳細に報告する。

1. 京都大学 桂キャンパス 極低温施設

京都大学桂キャンパスには、平成18年3月に内部精製器付のヘリウム液化機（Linde社製L140型機）が導入された。液化率は補助寒剤として液体窒素を用いて100 L/hの処理能力を有し、年間供給量は供給開始以降年々増加し、平成25年度には、1.8万リットル近くに達している。

液体窒素は、平成16年に桂キャンパス移転と同時に液体窒素タンク A（容量 約10,000ℓ）を設置し、供給を開始した。平成18年のヘリウム液化機導入と同時に液化、供給兼用に液体窒素タンク B（容量 約10,000ℓ）を新たに設置した。平成25年3月に段階的移転の最終グループの移転に伴い、液体窒素タンク C（容量 約5,000ℓ）を増設し、平成25年度は、年間約22万リットルを供給している。

2. 桂キャンパスで発生した事故

平成21年9月にヘリウム液化機のタービンが破損する事故が発生した。業者の協力もあり、約2週間で復旧したが、それ以降、ヘリウム液化機内の露点と酸素濃度には、特に厳しく注意を払っている。

平成23年5月にヘリウム回収ガスバッグに水が混入する事故が発生した。水混入の原因は、配管の誤接続によるものであった。幸いにも水抜きと乾燥作業で、ヘリウム回収配管は、復旧した。それ以降、誤接続を防ぐ為に、配管繋ぎ口の色分けやラベル付け等による、配管の種類識別の明確化を行っている。

平成24年5月頃から細管を通して液体ヘリウムを実験装置内に導く実験装置の細管の詰まりが発生し、供給する液体ヘリウム中に不純物が混入する事故が発生した。この問題はなかなか解決せず、現段階でも毎回不純物が混入していないか確認した後に、液体ヘリウムを供給している。詰まりの原因を探る為、今回液化機内の成分分析を行った。今回は、成分分析の結果を報告する。

また、平成25年度に発生したヘリウム回収ガスバッグワイヤー断裂事故、液体窒素供給装置重量計水没事故、トランスファーチューブ凹み変形事故等についても報告する。

3. ヘリウム液化機の成分分析

ヘリウム中に混入した不純物成分を知る為に、前日に液化運転したヘリウム液化機中の残留ガスを平成25年6月21日に採取し、成分分析を実施してもらった。採取した分析箇所は、①バッファタンク、②不純ガスカードル（液化機からの戻りガスを封入）、③不純ガスカードル（研究室からの戻りガスを封入）、④液化機内HPガスの4ヶ所を酸素、窒素、水素、ネオンの4種類を微量酸素系、ガスクロマトグラフ、ガスクロ質量分析計により分析した。分析の結果を以下に示す。

①バッファタンク	O ₂	0.5 ppm	N ₂	2.0 ppm	H ₂	0.4 ppm	Ne	0.5 ppm
②不純ガスカードル（液化機戻りガス）	O ₂	1400 ppm	N ₂	5800 ppm	H ₂	2.2 ppm	Ne	6.5 ppm
③不純ガスカードル（研究室戻りガス）	O ₂	910 ppm	N ₂	5300 ppm	H ₂	0.6 ppm	Ne	11.0 ppm
④液化機内HPガス	O ₂	2.0 ppm	N ₂	68.0 ppm	H ₂	36.0 ppm	Ne	25.0 ppm

分析の結果、HP内に窒素成分の他、水素、ネオンの成分がある程度含まれる事が判る。HPに残留する不純物が悪い影響を及ぼす可能性があるため、液化前に真空引きを実施した方が良さそうである。

HP内のヘリウムガスを捨てるのが勿体ないならば、液化機運転終了直後の時点ではほとんどの不純物はどこかに固着していると思われるので、液化後、放置せずにすぐにHPのガスをポンプで引き出して、回収すれば、不純物はほとんど出てこず、ヘリウムはほぼ全量回収出来る。長時間真空引きをせずに、昇温時に出てくるガスは全てヘリウム以外のガスと見なして昇温後、心置きなく全て大気放出すると不純物を選択的に除去出来る。

最近の液化機運転の前には、出来るだけHPの真空引きを行っており、その成果なのか、不純物が混入する問題は無くなった。しかし、問題が再現する可能性もあるので、細心の注意を怠らないように、出来るだけ液化機の運転条件を最良化して、問題を起こさないようにする。

4. ガスバッグのワイヤー断裂事故

連休明けの平成25年12月24日の朝にヘリウム回収装置の確認した所、極低温施設の30m³ヘリウム回収ガスバッグが膨らみ、安全器よりヘリウムガスが58m³放出されていた。原因を調べるとガスバッグを釣っている4本のワイヤーのうち、一番短いワイヤーが切れていた。ワイヤーが切れただけならば、ガスバッグの膨張に連動して下降する錘でスイッチを押して回収圧縮機を起動し、回収も出来たのだが、切れたワイヤーが錘に絡まり、錘を固定してしまった為、錘の下動で起動を管理していた回収圧縮機が起動出来なくなり、ガスバッグが膨らみ最終的に安全器が開いてヘリウムガスを大気放出してしまった。安全を確認して、回収圧縮機を手動で起動し、大気放出を止め、回収出来るようにした。

業者に連絡し、ガスバッグを一時的に使用可能になるように応急措置を行った。切れたワイヤーを取り除き、錘に絡み付いたワイヤーは、錘を小さいパーツに分解して、絡み付きを緩和してなんとか取り除いた。切れたワイヤーが届くまでの間、切れたワイヤーの対角線側に水を入れたポリタンクを固定し、バランスを取る事により、ガスバッグを一時的に復旧した。後日、ワイヤーが届いた後、ワイヤーを取付け、バランスを取り、完全復旧した。

切れたワイヤーを確認した所、錆等は確認出来ず、劣化も確認出来なかった。特に引っ掛かったような跡もなく、急激に力が一瞬で掛かったような痕跡も見られなかった。偶々ワイヤーの切れた部分が弱く、経年劣化で切れた可能性が高い。

今後、ワイヤー部分に問題ないか確認するとともに、ワイヤーが切れても錘に絡み付かない構造や、ガスバッグが膨らみ安全器が開く前にアラームを発する機構等、ガスバッグを改良する予定である。

5. 液体窒素供給装置重量計水没事故

平成25年年3月に新たに設置した液体窒素タンクCに付随する液体窒素供給装置に、大容器用の重量計が床面と平行になるようにピット内に設置された。液体窒素供給装置が設置された場所は屋外であり、屋根はあるが雨が降ると、大容器用の重量計のピットにも雨水が入り込むので、水抜き用の配管が予め付けてあった。また、重量計も防水性ではなかった。

液体窒素供給装置設置後、数ヶ月後に重量計の表示が出なくなった。業者に問題を確認してもらった所、重量計の内部に明らかな水滴が確認した。重量計を分解した所、ロードセルのボックスに水が入り込み、電線がショートしていた。

今後、重量計が水没しても、問題が起これないように対策として、重量計の修理の際に、ロードセルのボックスを床面より高い防水性の箱に移動した。また、水が出来るだけ入らないような環境改善に努めたい。

6. トランスファーチューブ凹み変形事故

平成26年1月14日にトランスファーチューブを挿入するとバネ式に開閉する充填口を持つ液体ヘリウム容器に液体ヘリウムを充填後、トランスファーチューブを抜く際に、充填口がトランスファーチューブに引っ掛かる事故が発生した。確認作業が不十分だった為、引っ掛かりに気付かず、リフトを下げたので、液体ヘリウム容器が床面から浮き、容器の重量が充填口とトランスファーチューブの間に掛かり、充填口がトランスファーチューブに噛み付き外れなくなった。充填口は、ヘリウム容器から取外しが可能だったので、取外し、トランスファーチューブを容器から引き抜いた。噛み付いた充填口は、斜めに傾けるとトランスファーチューブから取外す事が出来た。噛み付いた部分を確認すると、トランスファーチューブが凹み変形していた。

幸いにもヘリウムが流れる事を確認し、噛み付いた場所が、トランスファーチューブの下から75cmであり、トランスファーチューブの挿入部100cmの3/4だったので、暫定的に充填は可能であった。

今後、安全の為、予備のトランスファーチューブに交換し、同じ過ちを犯さないように気を付けて充填する。

7. まとめ

平成25年度には、紹介した事故の他にも、圧縮空気の水分混入の為に、圧縮空気漏れ事故や、圧縮空気配管内で水分が氷となって固化し、圧縮空気が流れなくなり、液体窒素供給装置が使えなくなる事故等が発生した。

これらの事故が再び発生しないように、注意すると共に、事故が発生しても最小限の被害に抑えられるような管理体制を目指して、職場環境を整備する。